

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ СЫРОЙ КЛЕЙКОВИНЫ В ЗЕРНЕ ПШЕНИЦЫ

А.В. Пасынков, доктор биологических наук,
Е.Н. Пасынкова, доктор биологических наук

*Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Белогорка» – филиал Федерального исследовательского центра картофеля имени А.Г. Лорха
188338, п. Белогорка, Гатчинский район, Ленинградская обл.
E-mail: pasynkova.elena@gmail.com*

Проведение регрессионного анализа позволило получить уравнение множественной нелинейной регрессии, отражающее зависимость содержания сырой клейковины в зерне пшеницы (Y, %) от содержания белка ($X_1 = N_{\text{общ}} \cdot 5,7, \%$) и массы 1000 зерен ($X_2, \text{г}$): $Y(1) = -41,928 + 0,081X_1^2 + 2,548X_2 - 0,028X_2^2$, в котором все показатели качества приведены на 12 %-ную влажность. В случае, когда содержание белка определено на абсолютно сухое вещество, зависимость принимает следующий вид: $Y(2) = -41,928 + 0,063X_1^2 + 2,548X_2 - 0,028X_2^2$. Разработанные уравнения могут быть использованы для ориентировочного определения (прогноза) содержания сырой клейковины в зерне озимой и яровой мягкой и твердой пшеницы во всех случаях, когда показатели ее технологических качеств определены традиционными аналитическими методами. Уравнения также пригодны для проведения косвенной проверки точности определения содержания сырой клейковины, когда содержание белка и (или) сырой клейковины измерено с использованием различных приборов, в частности, Инфра-Люм ФТ-10 или ФТ-12, Spektra Star 2400, Infraneo, DA 7200 NIR analyzer, Inframatic 9200 и Infratec 1241.

COMPARATIVE EVALUATION OF DIFFERENT METHODS FOR DETERMINING OF RAW GLUTEN CONTENT IN WHEAT KERNEL

Pasynkov A.V., Pasynkova E.N.

*Leningrad Research Agriculture Institute Branch of Russian Potato Research Centre
188338, p. Belogorka, Gatchinskii raion, Leningradskaya obl.
E-mail: pasynkova.elena@gmail.com*

The regression analysis allowed us to obtain a multiple nonlinear regression equation that reflects the dependence of the crude gluten content in wheat grain (Y, %) on the protein content ($X_1 = N_{\text{total}} \cdot 5.7, \%$) and the mass of 1000 grains (X_2, g): $Y(1) = -41,928 + 0,081X_1^2 + 2,548X_2 - 0,028X_2^2$, in which all quality indicators are given at 12% humidity. In the case when the protein content is determined content are determined to be dry matter (d. m.), the following equation was calculated: $Y(2) = -41,928 + 0,063X_1^2 + 2,548X_2 - 0,028X_2^2$. The developed equations can be used to predict the content of wet gluten in the grain of winter and spring soft and durum wheat in all cases when the indicators of its technological qualities are determined by traditional analytical methods. The equations can also be used to indirectly verify the accuracy of crude gluten determination when the protein and / or crude gluten content is determined using various instruments, such as InfraLUM FT-10 or FT-12, Spektra Star 2400, Infraneo, DA 7200 NIR analyzer, Inframatic 9200, and Infratec 1241.

Ключевые слова: пшеница, белок, сырая клейковина, масса 1000 зерен, множественный регрессионный анализ, методы определения клейковины

Key words: wheat, protein, raw gluten, 1000-kernel weight, multiple regression analysis, gluten determination methods

В работе [1] представлено уравнение множественной нелинейной регрессии, отражающее зависимость содержания сырой клейковины (Y, %) от содержания белка ($X_1 = N_{\text{общ}} \cdot 5,7, \%$) и массы 1000 зерен ($X_2, \text{г}$), используемое для ориентировочного определения (прогноза) величины этого показателя в зерне пшеницы: $Y(1) = -41,928 + 0,081X_1^2 + 2,548X_2 - 0,028X_2^2$. В последующий период был разработан алгоритм проверки прогностических возможностей уравнения, получены данные по точности определения содержания сырой клейковины в зерне пшеницы при его использовании и показана сравнительно высокая эффективность этой модели [2, 3]. В разработанном уравнении содержание белка, сырой клейковины и масса 1000 зерен приведены к 12 %-ной влажности или в пересчете на воздушно-сухое вещество (в.с.в.). Если содержание белка определено на абсолютно сухое вещество (а.с.в.), как регламентирует ГОСТ 10846-91, то при использовании уравнения для определения содержания сырой клейковины в зерне пшеницы проводится перерасчет с применением коэффициента 0,88. С целью исключения перерасчета в тех случаях, когда содержание сырой клейковины и масса 1000 зерен определены без учета влажности зерна или на в.с.в., а содержание бел-

ка – на а.с.в, было выведено уравнение $Y(2) = -41,928 + 0,063X_1^2 + 2,548X_2 - 0,028X_2^2$ и проведена проверка его прогностических возможностей и точности прогноза [4].

С использованием указанных уравнений со сравнительно высокой степенью вероятности можно дать ориентировочный прогноз содержания клейковины в зерне пшеницы без использования ручного или механического ее отмывания. Для этого необходимо знать массу 1000 зерен, которая определяется вручную или (что более быстро и точно) с использованием счетчика любой конструкции и весов, и содержание белка, которое можно определить традиционными химическими методами или (что более быстро и безопасно для персонала и окружающей среды) на различного типа анализаторах [1, 4].

В последние годы получили распространение различного вида инфракрасные анализаторы (в частности, Infratec 1225, 1241 и др.), позволяющие определять комплекс показателей качества зерна пшеницы (влажность, содержание белка, крахмала, клейковины и др.), за исключением массы 1000 зерен. Сущность работы таких приборов заключается в измерении спектра пропускания исследуемого образца в ближней инфракрас-

Табл. 1. Проверка точности прогноза содержания сырой клейковины в зерне пшеницы (X_1 , X_2 и $Y_э$ - без учета влажности зерна или на в.с.в.) по уравнению (1)

Яровая твердая пшеница [6]*					1 сорт яровой и 1 сорт озимой пшеницы [7]*				
X_1	X_2	$Y_т$	$Y_э$	($Y_э - Y_т$)	X_1	X_2	$Y_т$	$Y_э$	($Y_э - Y_т$)
14,7	42,5	33,3	32,6	- 0,7	13,2	46,2	30,1	30,3	0,2
14,6	41,0	32,7	33,9	1,2	14,0	47,4	31,8	32,6	0,8
14,1	42,2	31,	32,0	0,2	13,7	45,7	31,2	32,7	1,5
13,9	41,9	31,3	30,6	- 0,7	14,0	45,8	31,9	32,5	0,6
14,6	42,1	33,0	31,9	- 1,1	13,2	44,4	30,1	30,3	0,2
14,9	42,5	33,8	33,5	- 0,3	14,0	47,3	31,8	32,6	0,8
14,7	41,5	33,1	32,4	- 0,7	12,7	44,2	29,1	29,3	0,2
n = 7	ЧЗ = 0		ОП = 100		12,8	44,1	29,3	29,6	0,3
19 сортов озимой мягкой пшеницы [8]**					Озимая мягкая пшеница сорт Московская 39[9]*				
					n = 8	ЧЗ = 0		ОП = 100	
13,1	39,4	28,9	27,0	- 1,9	11,5	32,7	22,2	24,3	2,1
13,2	41,6	29,7	28,0	- 1,7	12,0	34,3	24,2	24,7	0,5
13,1	46,1	29,9	27,0	- 2,9	12,1	35,3	25,0	25,0	0,0
13,0	40,7	29,1	26,0	- 3,1	12,2	36,3	25,7	25,2	- 0,5
13,1	43,7	29,8	27,0	- 2,8	12,4	36,6	26,3	25,4	- 0,9
13,4	39,1	29,4	29,0	- 0,4	11,8	33,8	23,5	24,7	1,2
12,1	43,9	27,8	27,0	- 0,8	12,4	36,8	26,4	25,3	- 1,1
14,0	43,6	31,8	30,0	- 1,8	12,6	37,7	27,2	25,4	- 1,8
13,6	42,1	30,7	28,0	- 2,7	12,8	37,9	27,7	25,8	- 1,9
12,0	45,7	27,7	27,0	- 0,7	12,8	38,2	27,8	26,1	- 1,7
12,4	39,2	27,4	28,0	0,6	12,5	37,2	26,8	26,4	- 0,4
12,4	39,6	27,5	27,0	- 0,5	12,4	37,7	26,8	26,5	- 0,3
12,6	41,1	28,4	27,0	- 1,4	12,6	37,8	27,2	26,8	- 0,4
12,5	40,2	27,9	27,0	- 0,9	12,7	38,2	27,6	27,7	0,1
12,7	43,8	29,0	29,0	0,0	12,9	38,9	28,3	26,5	- 1,8
13,0	41,2	29,2	28,0	- 1,2	13,1	40,0	29,1	26,7	- 2,4
13,1	39,2	28,8	28,0	- 0,8	13,3	40,4	29,6	26,9	- 2,7
13,4	43,1	30,4	29,0	- 1,4	13,6	40,9	30,4	27,3	- 3,1
13,2	42,0	29,8	28,0	- 1,8					
n = 19	ЧЗ = 4		ОП = 78,9		n = 18	ЧЗ = 4		ОП = 77,8	

*модификационные различия; **генотипические различия; X_1 – содержание белка в зерне, %; X_2 – масса 1000 зерен, г; $Y_т$ – теоретическое содержание сырой клейковины (расчет по уравнению регрессии), %; $Y_э$ – экспериментальное содержание сырой клейковины, %; ($Y_э - Y_т$) – отклонения экспериментальных величин от теоретических, %; n – общее число наблюдений; **2,9** – выделенные значения выходят за пределы $\pm 2\%$; ЧЗ – число значений, выходящих за пределы $\pm 2\%$; ОП – оправдываемость прогноза, % (то же в табл. 2-4).

ной области. Определение показателей качества зерна проводится по градуировочным графикам, созданным на основе анализа традиционными аналитическими методами значительного количества образцов целого или размолотого до гомогенного состояния зерна [5].

Учитывая изложенное, было сделано предположение, что разработанные уравнения (после определения массы 1000 зерен) могут быть использованы для косвенной проверки точности инструментального определения содержания сырой клейковины в зерне пшеницы [1].

Цель исследования – выявить возможность и оценить эффективность косвенной проверки точности определения содержания сырой клейковины в зерне пшеницы для тех случаев, когда ее и (или) содержание белка определяли на различного вида анализаторах.

Методика. Для косвенной проверки точности определения содержания сырой клейковины в зерне пше-

ницы использовали независимые экспериментальные данные по содержанию белка, сырой клейковины и массе 1000 зерен, полученные отечественными и зарубежными авторами из Беларуси, Польши, Словакии, Турции, Украины и Чехии при проведении исследований с различными сортами озимой и яровой мягкой и твердой пшеницы и в разных почвенно-климатических условиях. Теоретическое ($Y_т$) содержание сырой клейковины в зерне рассчитывали, подставляя экспериментальные данные по массе 1000 зерен и содержанию белка на в.с.в или а.с.в. в уравнение (1) или (2) соответственно и используя простые математические действия. Следующий шаг – сравнение теоретических величин содержания сырой клейковины с экспериментальными данными ($Y_э$), полученными при использовании традиционных аналитических или инструментальных методов ($Y_э - Y_т$). Один из критериев оценки

Табл. 2. Проверка точности прогноза содержания сырой клейковины в зерне пшеницы (X_1 – а.с.в.; X_2 и $Y_э$ – в.с.в.) по уравнению (2)

[10]**. 9 сортов твердой пшеницы					[11]*. Сорта мягкой и твердой пшеницы				
X_1	X_2	Y_T	$Y_э$	$(Y_э - Y_T)$	X_1	X_2	Y_T	$Y_э$	$(Y_э - Y_T)$
15,5	41,7	30,8	29,4	- 1,4	14,3	47,6	28,7	30,3	1,6
14,8	40,6	29,2	28,6	- 0,6	14,2	48,1	28,5	29,5	1,0
15,0	42,7	30,0	29,0	- 1,0	14,2	48,4	28,5	29,1	0,6
13,3	41,2	26,7	26,0	- 0,7	14,1	48,6	28,2	29,0	0,8
14,7	41,5	29,2	30,4	1,2	14,1	45,1	28,5	28,0	- 0,5
15,2	42,9	30,4	30,2	- 0,2	14,2	45,2	28,7	28,8	0,1
14,8	40,5	29,1	25,6	- 3,5	14,2	46,7	28,6	29,3	0,7
15,1	41,6	30,0	29,0	- 1,0	14,3	47,3	28,8	29,8	1,0
14,4	43,7	29,0	27,6	- 1,4	n = 8	ЧЗ	0	ОП	100
n = 9	ЧЗ = 1		ОП = 88,9						
[12]**. 15 сортов озимой мягкой пшеницы					[13]*. Озимая мягкая пшеница. Сорт Краса Дона				
10,8	36,2	21,0	19,7	- 1,3	14,0	41,9	28,0	27,5	- 0,5
10,5	32,4	18,2	18,2	0,0	13,8	43,4	27,9	28,5	0,6
10,4	41,3	22,4	18,3	- 4,1	13,6	43,6	27,6	27,6	0,0
11,7	37,5	22,9	18,3	- 4,1	13,6	43,9	27,6	28,5	0,9
11,6	37,5	22,9	21,3	- 1,6	13,2	44,7	27,0	26,9	- 0,1
11,6	35,6	21,8	21,1	- 0,7	13,2	44,7	27,0	26,9	- 0,1
9,8	35,6	21,8	21,1	- 0,7	13,4	45,0	27,3	28,1	0,8
9,8	36,0	19,6	19,7	0,1	13,5	44,7	27,5	27,5	0,0
9,6	31,6	16,4	18,0	1,6	13,5	44,7	27,5	27,5	0,0
9,6	31,6	16,4	18,0	1,6	13,7	44,5	27,8	28,9	1,1
9,9	36,8	20,1	19,9	- 0,2	12,9	43,9	26,5	26,6	0,1
10,1	31,4	16,9	20,2	3,3	12,9	43,9	26,5	26,6	0,1
10,4	37,2	20,9	20,4	- 0,5	12,6	44,8	26,0	27,1	1,1
10,1	35,5	19,7	19,5	- 0,2	13,0	44,0	26,6	28,2	1,6
10,0	32,2	17,4	18,4	1,0	12,9	44,5	26,5	26,8	0,3
10,2	39,9	21,7	19,0	- 2,7	11,5	43,0	24,2	21,1	- 3,1
11,2	35,3	21,0	20,8	- 0,2	11,2	43,5	23,8	22,9	- 0,9
10,8	36,1	20,9	20,9	0,0	11,2	43,5	23,8	22,4	- 1,4
n = 15	ЧЗ = 3		ОП = 80,0		11,3	43,7	24,0	21,9	- 2,1
					n = 16	ЧЗ = 2		ОП = 87,5	

точности разработанных уравнений – регламентируемое ГОСТ Р 54478 - 2011 отклонение: «оба результата признают приемлемыми, если критическая разность ... не превышает 2 %» в абсолютном выражении. Второй критерий – точность определения или отношение количества значений, когда отклонения экспериментальных величин содержания сырой клейковины в зерне от теоретических ($Y_э - Y_T$) не превышают регламентируемого ГОСТ Р 54478 - 2011 допускаемого отклонения, к общему числу наблюдений (n), выраженное в %. При этом максимально быстро провести расчеты с высокой точностью и проверку прогноза содержания сырой клейковины в зерне пшеницы можно с использованием программного комплекса «Excel» [3, 4].

Результаты и обсуждение. Сравнение теоретических величин содержания сырой клейковины (Y_T) с экспериментальными данными ($Y_э$), полученными при использовании традиционных аналитических методов, показало относительно высокую и практически одинаковую степень их совпадения: у уравнения (1) – 77,8-100 % (табл. 1), у уравнения (2) – 80,0-100 % (табл. 2). Аналогичные показатели точности прогноза содержания сырой клейковины в зерне пшеницы были получены ранее при обобщении данных 265 литературных источников отечественных и зарубежных авторов с об-

щим числом наблюдений $n = 4630$, когда оправдываемость прогноза достигла 81,5 % [4].

Результаты проверки точности прогноза содержания сырой клейковины в зерне пшеницы для тех случаев, когда ее содержание и (или) содержание белка определяли различными инструментальными методами показали, что при общем количестве наблюдений $n = 225$ оправдываемость прогноза составила 81,8 % (табл. 3, 4). Это практически соответствует точности современных традиционных аналитических методов, используемых при определении содержания белка и сырой клейковины в зерне пшеницы (см. табл. 1 и 2).

Таким образом, разработанные уравнения множественной нелинейной регрессии, отражающие зависимость содержания сырой клейковины в зерне пшеницы от содержания белка и массы 1000 зерен, могут быть использованы для ориентировочного определения (прогноза) содержания сырой клейковины в зерне озимой и яровой мягкой и твердой пшеницы во всех случаях, когда перечисленные показатели технологических качеств определены традиционными аналитическими методами. Уравнения также могут быть использованы для косвенной проверки точности измерения содержания сырой клейковины в зерне пшеницы, когда содержание белка и (или) клейковины определено с исполь-

Табл. 3. Точность прогноза содержания сырой клейковины при различных инструментальных методах определения содержания белка и (или) клейковины в пшенице

Сорт Batuta (Польша) [14]*					Сорт Orkisz (Польша) [15]*				
$Y(1) = -41,928 + 0,081X_1^2 + 2,548X_2 - 0,028X_2^2$									
X_1	X_2	Y_T	$Y_э$	$(Y_э - Y_T)$	X_1	X_2	Y_T	$Y_э$	$(Y_э - Y_T)$
13,0	43,9	29,7	31,1	1,4	12,37	39,7	27,5	27,5	0,0
13,2	43,2	30,0	29,9	-0,1	13,28	39,3	29,2	30,2	1,0
13,3	42,6	30,1	30,5	0,4	12,60	40,3	28,1	28,6	0,5
13,2	43,6	30,1	30,7	0,6	12,31	39,6	27,3	27,8	0,5
13,1	43,2	29,8	30,5	0,7	13,00	39,3	28,7	29,4	0,7
13,3	42,8	30,2	30,5	0,3	12,88	40,0	28,6	29,1	0,5
n = 6	ЧЗ = 0		ОП = 100		n = 6	ЧЗ = 0		ОП = 100	
$Y(2) = -41,928 + 0,063X_1^2 + 2,548X_2 - 0,028X_2^2$									
Сорт Бурятская остистая (Россия) [16]*					10 кластеров сортов озимой пшеницы (Польша) [5], р. 10**				
15,3	35,8	28,2	28,4	0,2	14,7	45,6	29,7	30,3	0,6
15,7	37,4	29,7	30,0	0,3	14,6	45,6	29,5	29,8	0,3
15,1	38,3	29,0	28,5	-0,5	14,8	45,6	29,8	30,5	0,7
15,6	37,0	29,3	29,8	0,5	14,2	46,6	28,7	29,1	0,4
15,4	38,2	29,5	29,2	-0,3	13,7	47,1	27,8	26,7	-1,1
15,9	37,0	29,9	30,7	0,8	12,4	48,0	25,6	23,1	-2,5
15,4	37,7	29,3	29,3	0,0	13,9	52,9	26,7	28,0	1,3
15,8	37,1	29,8	30,3	0,5	14,5	47,0	29,2	29,6	0,4
15,4	38,0	29,4	29,5	0,1	13,7	40,7	27,2	25,9	-1,3
16,1	37,2	30,4	31,3	0,9	14,6	37,4	27,6	30,2	2,6
n = 10	ЧЗ = 0		ОП = 100		n = 10	ЧЗ = 2		ОП = 80,0	

Табл. 4. Результаты проверки точности прогноза с использованием уравнений при различных инструментальных методах определения содержания белка и (или) клейковины в пшенице

Прибор или метод определения		n / ОП	Страна	Источник
белок	клейковина			
$Y(1) = -41,928 + 0,081X_1^2 + 2,548X_2 - 0,028X_2^2$				
Instalab 600	отмывание	6 / 100	Польша	[14]
	Infratec 1241	6 / 100	Польша	[15]
Инфрапид 61	отмывание	6 / 100,0	Россия	[17]
	Infraneo	30 / 73,3	Беларусь	[18]
	Optical near-infrared technology (марка прибора не указана)	5 / 100	Польша	[19]
	DA 7200 NIR analyzer	11 / 81,8	Словакия	[20]
$Y(2) = -41,928 + 0,063X_1^2 + 2,548X_2 - 0,028X_2^2$				
Nicolet Antaris II	Glutomatic	22/72,7	Чехия	[5], С. 10 [5], С. 12
	ИнфраЛюм ФТ - 12	10 / 100	Россия	[16]
	ДСТУ 4117-2007	16 / 93,8	Украина	[21]
LECO CNS-2000	Inframatic 9200	8 / 75,0	Польша	[22]
Спектрофотометр Model 6500	Glutomatic 2200	31 / 87,1	Турция	[23]
	Infratec 1241	6 / 100	Россия	[24]
	Spektra Star 2400	37 / 70,3	Россия	[25]
	ИнфраЛюм ФТ - 10	21 / 81,0	Россия	[26]

зованием различных приборов, в частности Инфралном ФТ-10 или ФТ-12, Spektra Star 2400, Infraneo, DA 7200 NIR analyzer, Inframatic 9200 и Infratec 1241.

Литература.

1. Пасынков А.В., Дубовик Д.В., Пасынкова Е.Н. Прогноз содержания сырой клейковины в зерне пшеницы на основе уравнений множественной регрессии // Вестник Курской ГСХА. 2017. № 4. С. 8–14.
2. Пасынков А.В., Пасынкова Е.Н. Особенности использования уравнений множественной регрессии для прогноза содержания сырой клейковины в зерне пшеницы // Агробиологический вестник. 2018. № 3. С. 69–74. doi: 10.24411/0235-2516-2018-10016.
3. Пасынков А.В., Пасынкова Е.Н. Эффективность прогноза содержания сырой клейковины в зерне пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2019. № 4 (64). С. 19–26. doi: 10.31367/2079-8725-2019-64-4-19-26.
4. Пасынков А.В., Завалин А.А., Пасынкова Е.Н. Совершенствование способа прогноза содержания сырой клейковины в зерне пшеницы // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 2. С. 7–12. doi: 10.31857/S2500-2627-2020-2-7-12.
5. Genetic characterization and evaluation of twenty Chinese winter wheat cultivars as potential sources of new diversity for breeding / J. Hermuth, L. Leišová-Svobodová, J. Bradová, et al. // Czech J. Genet. Plant Breed. 2019. Vol. 55. No. 1. P. 8–14. doi: 10.17221/192/2017-CJGPB.
6. Качество зерна яровой пшеницы при современных технологиях возделывания / Е.В. Щербинина, О.И. Горянин, Б.Ж. Джангабаев и др. // Аграрный научный журнал. 2018. № 12. С. 53–55.
7. Сабитов М.М. Влияние многолетних трав на повышение плодородия почв и продуктивности зерновых культур // Агробиологический вестник. 2019. № 5. С. 50–54. doi: 10.24411/0235-2516-2019-10075.
8. Изучение сортов и линий озимой пшеницы по хозяйственно-ценным признакам / И.Д. Фадеева, М.Ш. Тагиров, И.Н. Газизов и др. // Вестник Казанского ГАУ. 2019. № 3. (54). С. 71–76.
9. Оценка эффективности удобрений и биопрепарата Гумистим при возделывании озимой пшеницы на радиоактивно загрязненной почве / Е.В. Справцева, Р.В. Милонов, Н.М. Белоус и др. // Агробиологический вестник. 2019. № 2. С. 42–47. doi: 10.24411/0235-2516-2019-10026.
10. 35 лет научной деятельности лаборатории селекции и семеноводства яровой твердой пшеницы: результаты и перспективы / С.Н. Гапонов, Г.И. Шутарева, Н.М. Цетва и др. // Аграрный вестник Юго-Востока. 2019. № 3. (23). С. 4–6.
11. Влияние препарата Агримин на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в южной зоне Ростовской области / А.С. Попов, Г.В. Овсянникова, А.А. Сухарев и др. // Зерновое хозяйство России. 2019. № 3. (63). С. 14–18. doi: 10.31367/2079-8725-2019-63-3-14-18.
12. Егушова Е.А., Кондратенко Е.П. Изменчивость хозяйственно-ценных признаков озимой пшеницы в условиях лесостепной зоны Западной Сибири // Вестник Алтайского ГАУ, 2012. № 9 (95). С. 19–24.
13. Влияние сроков посева по различным предшественникам на урожайность и качество зерна мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона в южной зоне Ростовской области / А.В. Алабушев, А.С. Попов, Г.В. Овсянникова и др. // Зерновое хозяйство России. 2020. № 1 (67). С. 4–10. doi: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-4-10.
14. Effect of tillage simplifications on yield and grain quality of winter wheat after different previous crops / I. Jaskulska, D. Jaskulski, K. Kotwica, et al. // Acta Sci. Pol., Agricultura, 2013. No. 12 (3). P. 37–44.
15. Wpływ dolistnego nawożenia Cu, Zn i Mn na wskaźniki jakościowe ziarna i elementy plonowania pszenicy oziejmej Orkisz (*Triticum aestivum* SSP. *Spelta* L.) / A. Stępień, K. Wojtkowiak, M. Skłodowski, et al. // Fragm. Agron. 2017. No. 34(3). P. 97–108.
16. Дьяченко Е.Н., Шевелев А.Т. Влияние последствия минеральных и известковых удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в условиях Прибайкалья // Агробиологический вестник. 2020. № 3. С. 45–48. doi: 10.24411/1029-2551-2020-10038.
17. Новые регуляторы роста озимой пшеницы / Л.В. Дядюченко, В.В. Морозовский, Д.Ю. Назаренко и др. // Научный журнал КубГАУ. 2015. № 112 (08). С. 21
18. Лапа В.В., Кулеш О.Г., Мезенцева Е.Г. Особенности удобрения яровой пшеницы при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с очень высоким содержанием фосфора и калия // Почвоведение и агрохимия. 2016. № 1 (56). С. 93–105.
19. The effectiveness of nitrogen-phosphorus fertilization in winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivation / P. Rusek, M. Mikos-Szymanska, M. Karsznia, et al. // Bulgarian journal agricultural sciens. 2016. No. 5 (22). P. 752–755.
20. Variability of quantitative and qualitative traits of coloured winter wheat / A. Žofajová, M. Havrlentová, M. Ondrejovič, et al. // Agriculture (Pol'nohospodárstvo). 2017. Vol. 63. No. 3. P. 102–111.
21. Дубовий В.І., Табакаєва М.Г. Вплив осадів стічних вод на продуктивність і якість зерна пшениці // Збалансоване природокористування. 2014. № 3. С. 127–131.
22. The effect of sulphur and nitrogen fertilization on grain yield and technological quality of spring wheat / H. Kłikocka, M. Cybulska, B. Barczak, et al. // Plant Soil Environ. 2016. Vol. 62. No. 5. P. 230–236. doi: 10.17221/18/2016-PSE.
23. Hüsnü Aktaş, Faheem Shehzad Baloch. Allelic variations of glutenin subunits and their association with quality traits in bread wheat genotypes // Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 2017. No. 41. P. 127–134.
24. Мельник А.Ф., Кондрашин Б.С. Биологизированные технологии – фактор повышения продуктивности озимой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2018. № 5 (59). С. 3–6. doi: 10.31367/2079-8725-2018-59-5-3-6.
25. Продуктивность, технологические и хлебопекарные показатели качества зерна сортов и линий озимой мягкой пшеницы / Б.И. Сандухадзе, М.А. Кузьмич, Р.З. Мамедов и др. // Инновационные разработки по селекции и технологиям возделывания сельскохозяйственных культур. М.: ФИЦ «Немчиновка», 2018. С. 276–288.
26. Синтетическая пшеница как источник улучшения качества зерна в селекции пшеницы / И.Я. Потоцкая, В.П. Шаманин, С.С. Шепелев и др. // Вестник Курской ГСХА. 2019. № 2. С. 55–62.

Поступила в редакцию 30.11.2020
После доработки 14.01.2021
Принята к публикации 02.03.2021